

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра екобіотехнології та біоенергетики

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Кузьмінський Є.В.
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2019р.

Дипломна робота

на здобуття ступеня бакалавра

з напрямку підготовки 6.051401 «Біотехнологія»
(код і назва)

на тему: Отримання біодобрива шляхом вермикомпостування
відходів

Виконала студентка 4 курсу, групи БЕ-51

Ладановська Дарина Олегівна

(підпис)

Керівник: старший викладач, к.т.н., Жукова Вероніка Сергіївна

(підпис)

Рецензент: асистент кафедри Поліщук Валентина Юріївна

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»**

Інститут (факультет) біотехнології і біотехніки

(повна назва)

Кафедра екобіотехнології та біоенергетики

(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки 6.051401 «Біотехнологія»

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«__» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студенту

Ладановській Дарині Олегівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Отримання біодобрив шляхом вермикомпостування відходів»

керівник роботи Жукова Вероніка Сергіївна, старший викладач, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи вермикультура, харчові побутові відходи, опале листя, вермикомпостування

4. Зміст роботи Вступ; Розділ 1. Огляд літератури; Розділ 2. Матеріали та методи досліджень; Розділ 3. Результати досліджень та їх обговорення; Розділ 4. Охорона праці; Висновки; Список використаної літератури

5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо) 3 листи А1, з графічними залежностями та схемою дослідної установки та дослідного об'єкта _____

6. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка

Студент

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

(ініціали, прізвище)

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1.1. СУЧАСНІ БІОТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ	8
1.5. ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСУ ВЕРМИКОПОСТУВАННЯ	15
1.6. ДОСЛІДЖЕННЯ СУБСТРАТІВ ДЛЯ ВЕРМИКОПОСТУВАННЯ	19
1.7. ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ БІОДОБРІВ (БІОГУМУСУ)	21
2.2. АНАЛІЗ ЯКОСТІ ОТРИМАНОГО ВЕРМИКОПОСТУ	26
3.2 АНАЛІЗ ЯКОСТІ ОТРИМАНОГО ВЕРМИКОПОСТУ.....	34
3.2.1 Визначення гумусу.....	34
3.2.4 Зольність субстратів.....	42
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	47
4.1. Виявлення та аналіз небезпечних і шкідливих факторів виробництва в мікробіологічній лабораторії. Заходи з охорони праці	47
4.1.1. Повітря робочої зони.....	47
4.1.2. Виробниче освітлення.....	49
4.1.3. Захист від виробничого шуму та вібрації.....	51
4.1.4. Пожежна безпека	52
4.1.5. Вимоги безпеки під час роботи з надзвичайно - і високонебезпечними речовинами	53
ВИСНОВКИ	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	57

ВСТУП

Останнім часом у світі виникає немало екологічних проблем, які для свого вирішення потребують інших альтернативних підходів, технологій, що були б безпечними для навколишнього середовища та здоров'я людей.

Більшість промислових підприємств у технологічних процесах виробництва продукції широко використовують природні ресурси та спричиняють утворення значної кількості газоподібних, рідких і твердих відходів. Крім того, немало процесів передбачають використання екологічно-шкідливих технологій, що потребують попереднього механічного подрібнення, високотемпературних хімічних каталізаторів, підвищених концентрацій реагентів, високого тиску та інших факторів активації процесів, а це у свою чергу завдає значної шкоди навколишньому середовищу.

Біотехнологічним процесам навпаки притаманні екологічно-безпечні умови технологічних режимів (невисокі температури, малий тиск, нейтральні середовища, висока швидкість реакцій при незначних концентраціях компонентів), тому вони найбільш наближені до природних процесів. Разом з тим, біотехнологія базується на принципах перетворення й переміщення у просторі матеріалів та енергії, а це властиво живим організмам, біологічним системам і природним комплексам, тобто біотехнологічні процеси відповідають законам екологічної рівноваги та стійкості екосистем.

Враховуючи вище сказане, метою даної дипломної роботи є розробка та дослідження екологічно безпечної технології отримання біодобрив, шляхом вермикомпостування відходів.

Для досягнення цієї мети було встановлено наступні завдання:

1. Проаналізувати наукові розробки біотехнологій переробки відходів, а саме опалого листя та харчових побутових відходів. Розробити конструкцію лабораторної установки – вермикомпостера.
2. Визначити раціональні параметри процесу вермикомпостування: співвідношення C:N, вологість, температуру.

3. Встановити показники отриманого біогумусу: вміст гумусу, зольність, рН водної витяжки, гумінових кислот, фульвокислот.

Об'єктом дослідження є: побутові відходи, опале листя дерев, черв'яки роду *Eisenia fetida* та біогумус.

Предмет дослідження: параметри процесу та ефективність утилізації побутових відходів, опалого листя дерев вермикомпостуванням.

Методи досліджень: хімічні (визначення вмісту органічних речовин в перерахунку на вуглець, вміст гумінових речовин в перерахунку на гумінові кислоти), фізико-хімічні, математично-статистичні.

Наукова новизна: вперше було проведено процес вермикомпостування з використанням у якості субстрату у різних співвідношеннях побутових відходів та опалого листя дерев міських екосистем.

Практична цінність: отримані результати дослідження забезпечують запровадження технології переробки суміші побутових відходів та опалого листя дерев з отриманням біогумусу.

За результатами досліджень опубліковано тези:

1. Ладановська Д.О., Жукова В.С. «Ефективність вермикомпостування осадів промислових стічних вод» / Д.О. Ладановська, В.С. Жукова // «Інноваційні матеріали та технології шкіряно-хутрового виробництва», Тези IV Міжнародного науково-практичного семінару (5 грудня 2018 р., м Київ) / М-во освіти і науки України, КНУТД. – К. : КНУТД, 2018.
2. Ладановська Д.О., Жукова В.С. «Ефективність вермикомпостування осадів шкіряного виробництва» / Д.О. Ладановська, В.С. Жукова // Тези XVIII Всеукр. наук. конф. молодих вчених та студентів [«Наукові розробки молоді на сучасному етапі»], (Київ, 18-19 квітня 2019 р.) / М-во освіти і науки України, КНУТД. – К. : КНУТД, 2019.
3. Ладановська Д.О., Жукова В.С. «Вермикомпостування як метод утилізації осадів стічних вод» / Д.О. Ладановська, В.С. Жукова //

Екологічна і техногенна безпека. Охорона водного і повітряного басейнів. Утилізація відходів (23-24 квітня 2019 р., м. Харків): Тези Міжнародна науково-технічна конференція– Х.: Харківський національний університет будівництва та архітектури – 2019 р.

РОЗДІЛ 1. Огляд літератури

1.1. Сучасні біотехнології утилізації відходів

Нині однією із найбільш важливих проблем сучасної науки і практики є утилізація і переробка відходів різного походження. Відходи, що нагромаджуються як побічні продукти техногенезу, є чужими біосфері, що сприяє порушенню екологічної рівноваги агробіоценозів та призводить до зниження родючості ґрунту, забруднення повітря, води, ґрунтів, сільськогосподарської продукції, і у кінцевому результаті негативно впливає на здоров'я людини. Тому нині відбувається впровадження різноманітних альтернативних систем: біодинамічна, органічна, біологічна, органічно-біологічна. Вони спрямовані на мінімізацію негативного впливу на довкілля, завданого надмірною хімізацією аграрного виробництва, за збереження урожаю вирощуваних сільськогосподарських культур та отримання екологічно безпечної продукції. Під час застосування зазначених вище альтернативних систем землеробства велике значення відводиться органічним добривам, особливо компостам.

Новим напрямком високоефективного, природоохоронного перероблення відходів у компости є вермитехнологія. Це система організаційно-технологічних заходів із застосуванням вермикультури – популяцій черв'яків разом із супутніми гетеротрофними організмами в конкретному органічному субстраті, а також оброблення й застосування копроліту та біомаси черв'яків у сільському господарстві. Вермитехнологія є прогресивним та перспективним напрямком ведення агровиробництва, що забезпечує підвищення продуктивності, екологічної стійкості і саморегуляційної здатності агроєкосистем. Тому її розглядають як ключовий елемент альтернативного землеробства.

Внаслідок перероблення органічних відходів масою дощових черв'яків та мікроорганізмами утворюється цінне органічне добриво – біогумус. Біогумус сприяє оздоровленню ґрунтів і підвищенню їх родючості.

Отримання біогумусу ґрунтується на здатності дощових черв'яків використовувати органічні рештки, трансформувати їх у кишечнику і виділяти у вигляді копролітів. Дощові черв'яки – найбільші представники безхребетних, які входять до складу ґрунтової макрофауни. Їх частка становить не менш як половини всієї біомаси ґрунту. Значення черв'яків у екосистемі ґрунту полягає у редукції об'єму органічних решток, які поступають у його верхній шар, їх мінералізація, концентрація мінеральних речовин у копролітах, що робить їх більш доступними для рослин [1].

1.2. Властивості продуктів та застосування вермикомпостування

В результаті переробки органічних відходів дощовими черв'яками одержують субстрат, який найчастіше називають біогумусом або вермикомпостом. Він представляє собою матеріал, що пройшов через шлунок тварини та залишки вихідного субстрату.

Проходячи через шлунковий тракт черв'яків, рослинні рештки, органічні відходи, мінеральні речовини ґрунту подрібнюються, з ними відбуваються біохімічні трансформації: органічні полімерні сполуки розщеплюються на більш прості речовини, збагачуються сполуками калію, магнію, фосфору та ферментами (каталазою, уреазою, дегідрогеназою). Мінеральні солі перетворюються на доступні для рослин форми. При цьому відбувається нейтралізація кислот, що містилися у вихідному субстраті. В процесі перетравлювання рослинних решток у шлунку черв'яків зменшується вміст легко- та важкогідролізованих полісахаридів та лігніну. Одночасно проходять процеси поліконденсації низькомолекулярних продуктів розпаду органічних речовин, утворюються молекули гумінових кислот, що мають близьку до нейтральної реакцію. В результаті продукт

життєдіяльності черв'яків – копроліти (від грецького – *копрос* – послід, *літос* – камінь) представляє собою матеріал, збагачений біологічно активними сполуками, гуміновими речовинами, корисною мікрофлорою. Можна стверджувати, що за своїми фізико-хімічними властивостями біогумус близький до природного ґрунтового гумусу. За вмістом гумусу вермикомпост переважає гній та компости в 4-10 разів. У копролітах черв'яків природних популяцій вміст гумусу сягає 11-15%, а культивованих – від 25 до 35% у перерахунку на суху речовину. Вартість біогумусу повинна корелювати із вмістом в ньому гумусу.

Зразком характеристики хімічного складу гранульованого вермикомпосту (біогумусу), виробленого відповідно до ТУ У 24.1- 37469484-001:2010 за методикою вермикомпостування з використанням червоного каліфорнійського черв'яка *Eisenia fetida* високопродуктивної лінії S-94, селекція якої проводилася біля 15 років [2].

Як органо-мінеральне добриво біогумус має цінні фізичні властивості: високу вологоємність, вологостійкість, механічну міцність, сипучість, технологічність використання. Азоту в ньому в середньому в 5 разів, фосфору – в 7 разів, калію – в 11 разів більше, ніж у ґрунті, де живуть черв'яки.

Різноманітна мікрофлора (актиноміцети, бактерії-амоніфікатори, нітрифікатори, деструктори целюлози тощо), розчинні органічні та мінеральні фосфати, присутні в біогумусі, нормалізують розвиток, властивих здоровому ґрунту, мікробних асоціацій та забезпечує пригнічення патогенних мікроорганізмів, зокрема, сальмонел. Біогумус містить біологічно активні речовини – лумбрицини, що виробляються черв'яками, ауксини, гіберелліни та інші фітогормони. Біогумус не має канцерогенних, мутагенних або тератогенних властивостей.

Інша перевага біогумусу – відсутність неприємних запахів. У процесі переробки будь-які органічні відходи дезодоруються через кілька днів вермикомпостування та набувають запаху вологої землі.

Завдяки сукупності властивостей, біогумус прискорює проростання насіння, термін дозрівання плодів (на 10-15 діб), збільшує відсоток схожості насіння, завдяки чому зменшується їхня норма висіву, збільшує засухостійкість та морозостійкість рослин, стійкість до шкідників та хвороб, знижує стрес при пересаджуванні рослин, стимулює утворення кореневої системи.

Внесення у ґрунти вермикомпосту виключає ризик його перенасичення окремими видами поживних елементів, як це буває при внесенні високих доз гною та звичайних компостів. Біогумус добре поєднується із мінеральними добривами.

Типові норми внесення біогумусу під основні сільськогосподарські культури складають 4-10 т/га, на відміну від гною, якого потрібно щорічно вносити 30-40 т/га. Якщо 1 т підстилкового гною, внесеного у ґрунт, забезпечує у рік використання приріст врожаю зернових – 10-12 кг, картоплі – 100-120 кг, то 1 т біогумусу забезпечує прибавку врожаю зернових у 100-200 кг, картоплі – 1600-1800 кг, овочів – 2000 кг. Післядія внесення біогумусу відчувається протягом 5-7 років [1].

1.3. Види, придатні для вермикультивування

Так як для польових умов характерна циклічність, непостійність та мінливість умов для росту черв'яків, задачі промислових методів вермикультивування – створення високопродуктивних та адаптованих до різних субстратів дощових черв'яків, підтримання оптимальних умов їх проживання в лабораторних та промислових культиваторах, що забезпечують максимальну швидкість росту та розмноження популяції. Вимоги до черв'яків наступні:

- висока здатність (по відношенню до природних умов) переробляти субстрат та забезпечувати високу швидкість його розкладання;
- швидкість адаптування до зміни складу субстрату;

- стійкість до захворювань.

Із всього різноманіття дощових черв'яків для вермикультури придатні тільки кілька видів:

- гнойовий (компостний) черв *Eisenia fetida*;
- підвиди *E. fetida foetid*, *fetida andrei*;
- звичайний дощовий черв'як (або великий червоний виповзень) *Lambricus terrestris*;
- малий червоний черв'як (малий виповзень) *Lambricus rubellus*;
- кілька інших видів (*Dendrobaena* та ін.).

Найбільш широко використовується гнойовий (компостний) черв'як *E. fetida* – порівняно невеликий вид довжиною 6-10 см. Він широко розповсюджений у світі, в тому числі в Україні. Забарвлення його сегментів червоне або червоно-коричневе, з більш світлими бороздками, які розділяють сегменти. У природних умовах кожна статевозріла особина *E. fetida* дає щотижня 1-2 кокони, із яких приблизно через 3 тижні виводиться від 2 до 20 ювенільних особин, із яких виживає в середньому 4. Через 3 місяці настає їх статева зрілість. У середньому за рік 1 черв'як дає 200-400 особин потомства. Молоді особини при досягненні статевої зрілості мають масу до 0,5 г. Дорослі особини живуть 10-15 років, сягаючи в довжину до 8-10 см при масі до 1,0 г.

В 1969 р. в США в штаті Каліфорнія було виведено гібрид гнійного черв'яка *E. fetida*, що одержав назву червоного каліфорнійського черв'яка (*Eisenia fetida red hybrid of California*). Він характеризується високою інтенсивністю живлення та швидкістю утилізації субстратів – за сприятливих умов органічні відходи переробляються за 1-2 місяці; швидким статевим дозріванням (6-8 неділь), високим рівнем плодючості (відкладає до 10 коконів у неділю, в рік – до 70 коконів з врахуванням циклу розмноження), дає 4-5 поколінь за рік при високому коефіцієнті розмноження (1:1500 протягом року) та має велику тривалість життя (до 15-16 років). Максимального розміру особина червоного каліфорнійського черв'яка (ЧКЧ) сягає у

семимісячному віці, коли її маса складає в середньому 2,4 г. Важлива особливість ЧКЧ – втрата інстинкту залишати місце проживання при несприятливих умовах середовища. Тому його можна культивувати в грядках під відкритим небом без ризику втратити популяцію. Він добре розмножується у неволі на відходах різного походження – всіх видах гною, соломі, макулатурі, опалому листі, побутовому смітті. Це найбільш розповсюджений культивованій вид у світі, що застосовується для вермикомпостування відходів та отримання біодобрив.

Недоліком ЧКЧ є – його тропічне походження і, як наслідок, теплолюбність. Тому в умовах помірної кліматичної зони, характерної для України, його можна вирощувати в більшості випадках тільки у приміщеннях, теплицях. На жаль, часто ЧКЧ, якого рекламують та продають в Україні, насправді таким не являється. Загалом, тривалість всього процесу складає 2-3 роки. Крім того, внаслідок недотримання умов технології та правил санітарно-ветеринарного контролю, більшість дощових черв'яків місцевого походження уражено нематодами – круглими червами-паразитами, багато видів яких фітопатогенні для сільськогосподарських культур (картоплі, буряка, моркви тощо) та знижують їх врожайність. Боротьба з нематодами надзвичайно складна та малоефективна. Тому слід дуже зважено підходити до вибору маточного поголів'я ЧКЧ [2].

Культури *E. fetida* відносно невимогливі до живлення. Найкраще вони розмножуються на органічних субстратах, які попередньо пройшли мікробіологічне компостування. Деякі лінії можуть успішно розмножуватися на субстратах, що містять свіжий гній великої рогатої худоби, коней, свиней, птиці, а також сапропель, осад стічних вод. При вирощуванні на відходах за оптимальних умов (температура субстрату 22°C, вологість 75 %, рН 7,0) цикл розвитку черв'яків триває 160 діб. Протягом року вони проходять два цикли розмноження та збільшують свою чисельність більш ніж у 1000 разів. Максимальної швидкості росту гнійні черв'яки володимирських рас сягають у віці 11 неділей – біомаса одиначної особини в середньому складає 650 мг

(180 мг у розрахунку на суху речовину). В цей період відкладається й найбільша кількість коконів.

1.4. Оптимальні умови життєдіяльності вермикультури

Живлення. Дощові черви потребують перш за все азотовмісної органічної речовини, запаси якої у ґрунті обмежені. Тому звичайно найбільша щільність, темпи індивідуального росту та плодючість черв'яків спостерігається у місцях локалізації органічного субстрату, багатого на азот (на пасовищах, поблизу місць складування екскрементів травоядних тварин тощо). Азот, що міститься у ґрунтовій мікрофлорі та мікрофауні, яку поглинають та перетравлюють черв'яки, засвоюється ними майже повністю. Встановлено експериментально, що оптимальне співвідношення C:N в органічному субстраті повинно бути близьким до 20:1 [3].

Крім азотовмісних речовин, перероблювані органічні матеріали повинні містити вуглеводи, мінеральні речовини, вітаміни, а також клітковину та інші сполуки, відсутність яких утруднює травлення. Субстрат також повинен містити мінеральній інертний наповнювач, пісок чи ґрунт.

Вологість. Оптимальною величиною вологості органічного субстрату вважають 60-80 %. Після дощів, коли у ґрунті багато води, дощові черв'яки виходять на поверхню. У випадку прогресуючого підсихання спостерігається переміщення черв'яків у більш вологі зони. Якщо вміст вологи у ґрунті тривалий період нижчий за 30-35 %, чисельність черв'яків знижується, хоча вони можуть втратити без шкоди 50-60 % води від маси тіла. При вологості ґрунту 22 % черв'яки гинуть протягом неділі. При вирощуванні дощових черв'яків в лабораторних умовах їхня максимальна маса та плодючість досягається при вологості субстрату 70-85 %, бо ця величина близька до вмісту води у тілі дощового черв'яка.

Температура і рН. Температура +15-25°C та рН середовища проживання 7,0-7,6 оптимальні для розмноження дощових черв'яків.

На полях без рослинності та живлення черв'яки гинуть при температурі, близькій до нуля. Від холоду та високих температур черв'яки рятуються, мігруючи до більш глибоких горизонтів ґрунту. Вони не витримують показників рН нижче 5,0 та вище 9,0. У помірних широтах у теплий період року активність дощових черв'яків може тривати до семи місяців, у зимовий період вони впадають в сплячку.

Освітленість. Багато видів черв'яків бояться світла та ультрафіолетових променів. Тому зона їх проживання не повинна освітлюватися ні природними, ні штучними джерелами світла.

Аерація та продукти гниття. Види черв'яків, придатних для вермикомпостування, у природних умовах проживають переважно у поверхневому шарі ґрунту, що добре аерується. Вони надзвичайно чутливі до виділення газів, що утворюються у процесі гниття: аміаку, сірководню, метану. Допустимий рівень вмісту аміаку – не більше 0,5 мг/кг субстрату, при більш високому вмісті черв'яки гинуть.

Щільність популяції. На розмноження черв'яків негативно впливає перенаселеність перероблюваного субстрату, тварини при цьому відчують стрес. Тому потрібно ретельно контролювати цей фактор.

1.5. Особливості процесу вермикомпостування

Компостну суміш отримують з двох компонентів: конвертованої частини та наповнювача - структуроутворювача. Як конвертовану частину використовують органічні відходи різного походження, в якості наповнювача - ґрунт, пісок, гравій. Для досягнення кращої структури і водостійкості структурних агрегатів вермикомпостів найбільш доцільно використовувати ґрунт, ніж пісок або гравій. Рівномірне співвідношення конвертованої частини і наповнювача – структуроутворювача, % – 50:50; 65:35; 80:20. Найкращим співвідношенням складових субстрату, що забезпечує

максимальне накопичення органічної речовини є співвідношення, рівне 65%:35% за масою (Таблиця 1.5.1).

Таблиця 1.5.1

Вміст гумусу у вермикомпості

Варіант	Склад (відходи: ґрунт)	Вміст гумусу, %
Пташиний послід	50:50	4.46
	65:35	4.90
	80:20	4.66
Шлам-лігнін	50:50	3.84
	65:35	3.96
	80:20	3.71
Осади стічних вод	50:50	3.54
	65:35	3.64
	80:20	2.91
Гній ВРХ	50:50	5.39
	65:35	6.02
	80:20	4.57
Побутові відходи	50:50	8.77
	65:35	9.24
	80:20	7.13

Загалом технологію вермикомпостування можна умовно розділити на три етапи [4] .

Перший етап вермикомпостування полягає приготуванні органомінеральної компостній суміші. Органічні відходи і наповнювач-структурутворювач змішують і зволожують до 70-80%. Відповідно якісний, готовий до поселення черв'яків, субстрат є вологим, однорідним за кольором масою, температура якого складає 19-22 °С, рН близько 7, відносна вологість 80 %. Для зменшення часу біоконверсії відходів обов'язковою умовою є їх попереднє подрібнення.

На другому етапі отримані органо-мінеральні компостні суміші заселяють культурою дощових черв'яків. З великої кількості існуючих видів дощових черв'яків найбільш придатною вважається культура дощового черв'яка *Eisenia foetida*. Він характеризується високою швидкістю зростання, плодючістю (в сприятливих умовах потомство становить 1500 особин на рік), тривалістю життя до 16 років. В умовах вермікультури 1 черв'як відкладає до 70 конів в рік, з кожного виводиться від 2 до 20 нащадків. Щільність заселення черв'як досягає в середньому 120 особин /м², а біомаса – 50 г/м² (за маси тіла одного черв'яка 0,5-1,5 г). Час компостування - 1-3 місяці, в залежності від виду органічних відходів.

На третьому етапі дощові черв'яки відокремлюються від субстрату, вермікомпост висушується і використовується і біомаса черв'яків теж використовується як цінна кормова добавка [4].

Технологія вермікомпостування заснована на харчовій активності дощових черв'яків. Захоплюючи і змішуючи в процесі харчування органічні залишки з мінеральними частинками ґрунту, переварюючи їх і збагачуючи власною мікрофлорою, ферментами, біологічно активними речовинами, дощові черв'яки виробляють копроліти (копрос - випорожнення, літос - камінь) з високим вмістом гумусу, мікро- і макроелементів. У кишечнику дощових черв'яків відбуваються часткова мінералізація і гуміфікація органічного матеріалу, з'єднання аміаку з лігніном, зміна мінералогічного і гранулометричного складу, формування гумусових речовин і модифікація мікробіоценозів субстратів, які конвертуються [5].

Під час риття ходів за добу черв'як пропускає через себе кількість ґрунту (відходів), що дорівнює його масі. Таким чином, при щільності популяції 500000 тис. особин на 1 га за добу вона пропускає через себе 0,25 т землі (відходів). При активній діяльності в році близько 200 днів загальна кількість переробленої маси складе 400-600 т / га. При переробці маси ґрунту черв'яки не тільки інтенсифікують процеси розкладання органіки, а й

вибірково впливають на мікрофлору. Виділені ними антибіотики негативно впливають на патогенну мікрофлору.

Органічна маса, в якій мешкають дощові черв'яки, втрачає неприємний запах розкладання відходів, знезаражується, стає гранульованою і грудкуватою, що дуже важливо для обробки рослин і набуває приємний запах землі [2].

Вермикюльтура трансформує відходи в високоефективне біодобриво (біогумус) в формі агрегатів розміром 1-5-10 мм, з хорошою структурою і водостійкістю структурних агрегатів, з підвищеним вмістом гумусу (14-20%) обмінного калію, рухомого фосфору, кальцію, з пролонгованою дією при внесенні в ґрунт. В процесі вермикомпостування спостерігається зміна гранулометричного складу субстрату. Зменшується частка пилюватої фракції (менше 0,25 мм), збільшується маса агрономічно-цінних агрегатів розміром 0,25-7 мм. При цьому максимальної маси досягає фракція 2 мм, до складу якої входять копроліти дощових черв'яків. Ступінь збільшення цієї фракції залежить від змісту і складу органічної частини вихідного субстрату. При цьому збільшується водостійкість агрегатів, сума яких також підвищується зі зростанням частини, яка конвертується в складі субстрату [6].

Метод утилізації органічних відходів за допомогою черв'яків актуальний тим, що в ньому не застосовуються хімічні реагенти, відповідно не постає необхідність в додаткових технологічних процесах і переробці побічних продуктів. Крім того, в процесі переробки відходів дощовими хробаками виключено забруднення навколишнього середовища.

Досить великі теоретичні розробки по вермикомпостування органічних відходів і успішний практичний досвід дозволили сформулювати загальні методичні підходи та вимоги до організації вермикомпостування в промислових масштабах. У загальному вигляді ці вимоги зводяться до наступного: успішне використання дощових черв'яків в процесах переробки органічних відходів в промислових масштабах можливе за умови створення для них оптимальних умов, які відповідають біологічним потребам виду. До

основних факторів, що визначають не просто виживання черв'яків, а й стимулюють їх життєдіяльність, відносяться: якість вихідного субстрату, температура, наявність кисню, вологість субстрату.

Актуальними є проведення досліджень з переробки органічних відходів за допомогою вермикюльтури з метою отримання необхідної інформації по підбору технологій, визначення параметрів ведення процесу, оптимізації кількісного виходу вермикомпосту і досягнення його заданої якості [6,7].

1.6. Дослідження субстратів для вермикомпостування

Вермикомпостування потрібно розглядати як перспективний напрям формування й розвитку екологічних основ сільськогосподарського виробництва з метою отримання екологічно безпечної продукції. Для отримання біогумусу використовують різні органічні субстрати, при цьому рекомендується дотримуватися оптимальні співвідношення компонентів ефективних субстратів для вермикюльтури (Таблиця 1.6.1).

Таблиця 1.6.1

Співвідношення субстрату для отримання біогумусу [7]

Компоненти субстрату	Співвідношення (абс.сух.маса)
Рослинні залишки+гній	3:1
Опале листя+гній	3:1
Побітові відходи+гній	3:1
Кора дерева+гній	2:1
Тирса+гній	2:1
Рослинні залишки+ пташиний послід	3:1
Опале листя+послід	3:1
Побутові відходи+послід	4:1
Кора дерев+гній	3:1
Тирса+гній	3:1

Найбільш сприятливі умови для життєдіяльності і розмноження дощових черв'яків створюються при використанні відходів приблизно з вмістом целюлози 20%. Тому рекомендується в тваринницькі відходи додавати солому, тирсу, кору та інші целюлозні залишки. Крім того, субстрати повинні містити невелику кількість мінерального ґрунту, яка виконує механічну функцію при перетирання в кишечнику дощових черв'яків і необхідна для кращого травлення [8].

Дослідження впливу складу субстрату на вихід компосту та біомаси черв'яків проводили протягом 2009-2011 рр. на дослідному полі навчально-науково-виробничого відділу Уманського національного університету садівництва. проводили дослідження із використанням різних субстратів як харчової бази гнойового черв'яка. За основу було взято яблуневу вичавку в поєднанні із різними компонентами (земля, солома, кролячий гній) та рівнями їх насичення в сумішах. Для отримання якісного корму для черв'яків дотримувались таких показників вихідного органічного субстрату: вологість 70-80 %, рН 6,8-7,2, відсутність твердих часток – металу, дерева, каміння тощо [9].

Біомаса черв'яків здатна виробити із 1 м³ органічних решток від 0,71 до 1,2 т вермикомпосту. Маса отриманого вермикомпосту залежить від вихідного субстрату. Оптимальним субстратом для цього є вичавки із плодів яблук (50 %) + кролячий гній (40 %) + солома (10 %), що забезпечує найвищий показник виходу вермикомпосту [9].

З досвіду фахівців біотехнології відомо, що органічна речовина, яка підлягає вермикультивуванню, повинна містити легкозасвоювані вуглеводи та клітковину у кількості не менше 20 – 25%. Опале листя містять значну кількість біополімерів, зокрема вуглеводів (клітковину, легкозброджуючі вуглеводні, крохмаль та інших біологічно активних речовин), які можуть служити поживним середовищем [10].

Одним із напрямків роботи щодо утилізації опалого листя є використання його як складової частини поживного середовища для вермикультивування, оскільки воно являється придатним субстратом для вермикультур.

1.7. Характеристика основних властивостей біодобрив (біогумусу)

У процесі перетравлення органічних відходів у кишечнику черв'яків формуються гумусові речовини. Вони відрізняються за хімічним складом від гумусу, який утворюється у ґрунті за участю тільки мікрофлори, тому що в кишечнику черв'яків відбуваються процеси полімеризації продуктів розпаду органічних речовин і формуються молекули гумінових кислот, які утворюють комплексні сполуки з мінеральними компонентами, що довго зберігаються у вигляді стійких сполук. Тільки черв'яки, на відміну від інших біологічних об'єктів ґрунту, мають таку специфічну особливість, як здатність до меліорування й структурування ґрунтів. Перероблений за добу черв'яками ґрунт у копроліти дорівнює масі їхнього тіла. Концентрація гумусових речовин у копролітах черв'яків у 4-8 рази вища, ніж у гнойовій біомасі.

Природні органічні сполуки – гумінові кислоти – утворюються в процесі гуміфікації продуктів тваринного, рослинного і мікробного походження. Основна їх частина стійка до біохімічного розщеплення, тому вони накопичуються в ґрунті, торфах, бурому і вивіреному вугіллі, сапропелях. В середньому на кожний квадратний кілометр поверхні землі щорічно надходить 33-168 т гумусових кислот. Речовини гумусової природи стійкі до біохімічної і термодинамічної деструкції. Поряд з гуміфікацією в ґрунтах йде процес мініралізації. Їх активність залежить від ґрунтово-кліматичних умов. В жаркому і вологому кліматі процес окислення проходить дуже швидко і майже весь рослинний опад мініралізується. У холодному кліматі трансформація опаду сповільнюється і вміст гумусу в

грунті низький. Оптимальні умови для гуміфікації і збереження гумусу в ґрунтах створюються в помірному кліматі без перезволоження [11].

По елементного складу, розчинності і діапазону молекулярних мас виділяють розчинні фульвокислоти і гумінові кислоти, розчинні тільки в лужних розчинах. Тому міграційна здатність елементів в результаті комплексоутворення з фульвокислотами різко зростає. Гумінові кислоти, розчинні тільки в сильних лужних розчинах, поводять себе в природних системах як комплексоутворюючі сорбенти, утримуючи і концентруючи елементи в ґрунтах, донних відкладеннях, вуглецевих породах. Гумінові кислоти виступають як ефективний геохімічний бар'єр, що обмежує рухливість іонів металів. У ґрунтах на частку специфічних органічних речовин: гумінових кислот, фульвокислот, гуміну доводиться 85-90%, на частку неспецифічних органічних речовин (лігнін, вуглеводи, целюлоза, протеїн, жири, смоли, бітуми, віск) - 10-15%.

Функції гумінових кислот

Гумінові кислоти мають високою функціональну активність. Ці функції різноманітні і їх можна звести до наступних властивостями:

1. Акумулятивна функція обумовлена накопиченням в формі ГК найважливіших елементів живлення живих організмів. У ґрунті у формі ГК накопичується до 90-99% азоту, половина фосфору і сірки. В цій формі акумулюються і довго зберігаються мідь, марганець, залізо та інші елементи, необхідні для живлення ґрунтової біоти;

2. Транспортна функція полягає у формуванні в водних середовищах стійких, але легкорозчинних комплексів ГК з катіонами металів, гідрооксидами, деякими біоорганічними молекулами;

3. Протекторна функція - ГК захищають і зберігають ґрунтову біоту і рослинність від токсичного впливу забруднюючих речовин; пов'язуючи радіонукліди, пестициди різко обмежують потрапляння токсикантів в ґрунтові води.

4. Фізіологічна функція - ГК впливають на біохімічні процеси в рослинах і мікроорганізмах. Фактором активації кисню при диханні рослин є ГК, в складі яких присутні поліфенольні і кислотні групи [12].

5. Регуляторна функція пов'язана з участю ГК в формуванні найважливіших властивостей ґрунту, що визначають забарвлення ґрунтових горизонтів, їх тепловий режим, ємність катіонного обміну, іонно-сольову і кислотно-основну буферність. ГК, розчиняючи значну кількість ґрунтових мінералів, обумовлює мобілізацію тяжкодоступних для рослин елементів живлення.

Одним із шляхів зменшення хімічного навантаження на агроценози є застосування гумінових добрив природного походження. Ці речовини здатні підвищувати стійкість рослин до різних несприятливих факторів зовнішнього середовища (заморозків, засух, дії пестицидів), відновлювати родючість ґрунту, підвищувати врожайність культур, покращувати харчову цінність продукції та її екологічну чистоту, знижувати витрати на одержання врожаю, підвищуючи рентабельність сільськогосподарського виробництва [13].

В дипломній роботі розглядаються різні співвідношення конкретного органічного субстрату – побутових відходів та опалого листя для отримання копролітів з високим вмістом гумусу та створення на цій основі високоякісних біодобрив.

1.8 Екологічні аспекти поводження з опалим листям в Україні

З позицій екологічного підходу місто слід розглядати як складну систему (урбоєкосистем), що характеризується інтенсивними потоками речовини та енергії в просторі та часі, а опале листя, в такому контексті, слід розглядати як один з етапів і елементів кругообігу хімічних речовин (в основному, - вуглецю) в умовах міського середовища. Однак сучасне місто формується і розвивається в умовах інтенсивного антропогенного навантаження на природні компоненти урбоєкосистеми, в зв'язку з чим,

листяні дерева, які вирости в умовах значного забруднення атмосферного повітря, в силу своїх сорбційних властивостей, є універсальними поглиначами цілого ряду забруднюючих речовин (ЗР) (наприклад, важких металів), що ускладнює вибір схеми поводження з опалим листям. Екологічно важливої (і практично не вирішеною в Україні) є проблема утилізації листя, що опало з дерев в міських парках, бур'янів тощо. Природні процеси розкладання біомаси листя уповільнені і складають, в залежності від вологості середовища, більше двох років. Утилізація рослинної біомаси в сміттєнакопичувачах вимагає значних витрат, а спалювання такої сировини призводить до забруднення атмосфери і заборонено чинним законодавством [14]. На даному етапі в Україні реалізується наступна схема поводження з опалим листям: під керівництвом місцевих структур ЖКГ, в осінній період, проводиться збір листя і, в найбільш оптимістичному варіанті, вивезення на полігони ТПВ; при найгіршому сценарії, в деяких віддалених районах великих міст збір опалого листя не проводиться взагалі.

РОЗДІЛ 2. Матеріали та методи досліджень

2.1. Проектування дослідної установки для проведення процесу вермикомпостування

Для проведення дослідів було спроектовано три вермикомпостери, які складають одну дослідну лабораторну установку. Верхня частина складається з накривної кришки та допоміжного вермипокривала, яке допомагає підтримувати вологість вермикомпосту в системі. Середня частина складається з трьох вермикомпостерів, послідовно розташованих один за одним, які входять на 10 см у внутрішню частину кожної наступної ємності. Висота кожного вермикомпостеру 20 см, ширина 35 см, довжина 20 см. Висота всієї установки складає 40 см. Кожен вермикомпостер має отвори у своєму піддоні діаметром 12 мм, розташовані в шаховому порядку по всьому периметру ємності. Нижня частина лабораторної установки складається з піддону, призначеного для збору вермиचाю (фільтрату з вермикомпосту) та біогумусу. Ємність легко знімається, що дозволяє отримати дослідні зразки та готовий біогумус без додаткового втручання в процес вермикомпостування. Загальна схема та фактичний вигляд дослідної установки представлені на Рис. 2.1. та Рис. 2. 2.

До вермикомпостеру №1 було внесено: ґрунт універсальний (1,75 л). Дослідні зразки взяті з даного вермикопостеру являються холостою пробою – контролем. Відповідають значенням – зразок №1.

До вермикомпостеру №2 було внесено: ґрунт універсальний (1,75 л), тверді харчові побутові відходи та попередньо вимочений подрібнений листовий опад, у співвідношенні 10:1:2 (2186 г ґрунту, 200 г харчових відходів, 400 г опалого листя). Дослідні зразки взяті з даного вермикопостеру відповідають значенням – зразок №2. Співвідношення C:N, як 21:1.

До вермикомпостеру №3 було внесено: ґрунт універсальний (1,75 л), тверді харчові побутові відходи та попередньо вимочену и подрібнену тирсу,

у співвідношенні 10:4:1 (2186 г ґрунту, 800 г харчових відходів, 200 г опалого листя). Співвідношення C:N, як 17:1. Дослідні зразки взяті з даного вермикопостеру відповідають значенням – зразок №3.

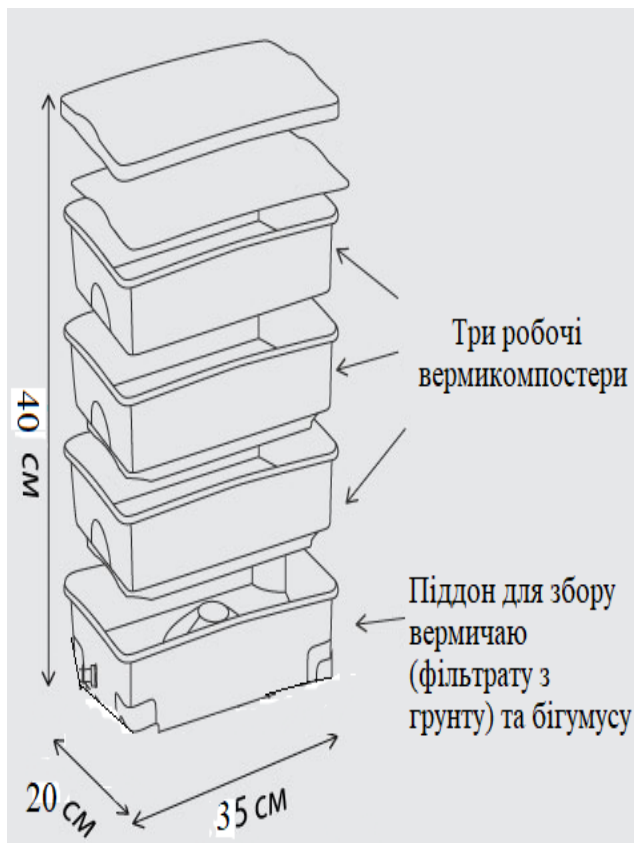


Рис 2.1. Загальна схема дослідної установки



Рис 2. 2. Фактичний вигляд спроектованої дослідної установки

2.2. Аналіз якості отриманого вермикомпосту

Визначення вмісту гумінових кислот

Для визначення вмісту гумінових кислот за стандартною методикою було проведено наступні дії:

1. Екстракція гумінових кислот

Наважку проби дослідного субстрату поміщають в конічну колбу місткістю 250 см^3 , доливають 50 см^3 лужного розчину пірофосфорнокислого натрію і перемішують за допомогою шейкера протягом 1 год. Розчин

декантують, нерозчинний залишок промивають 1%-им розчином гідроксиду натрію.

2. *Осадження гумінових кислот*

Загальний екстракт фільтруємо і вимірюємо об'єм отриманого фільтрату. Після цього з фільтрату піпеткою відбирають 25 см³ розчину, відбирають в хімічний стакан і додають 30 см³ розчину соляної кислоти для осадження гумінових кислот. Отриманий осад гумінових кислот відділяємо від розчину фільтруванням і промиваємо його водою в наслідок декантації, повторюючи промивку до початку пептизації гумінових кислот, що визначається по появі жовтуватого забарвлення. Для додаткового осадження гумінових кислот в колоїдний розчин додаємо 5 см³ розчину соляної кислоти.

3. *Сушіння зразка*

Загальний осад фільтруємо через попередньо зважений беззольний фільтр і поміщаємо в бюкс, попередньо висушений при 80° С і зважений. Потім бюкс з фільтром та залишком поміщаємо до сушильної шафи при температурі 80° С сушать до постійної маси. Контрольне просушування проводимо до тих пір, доки різниця маси при двох наступних зважуваннях не буде перевищувати 0,001 г. Висушений осад з фільтром переносимо в попередньо зважений до постійної маси тигель. Тигель поміщаємо в муфельну піч і озолують при температурі (600±15)°С протягом 1-2 годин. Після озолення тигель виймаємо з печі, охолоджуємо на повітрі до кімнатної температури і потім зважуємо. Контрольне прокалювання проводимо при тій же температурі протягом 15 хв до тих пір, поки різниця мас при двох послідовних зважуваннях не буде перевищувати 0,001 г.

Загальний вихід гумінових кислот обчислюють за формулою:

$$ГК = \frac{(m_1 - m_2) \cdot V \cdot 100}{V_1 \cdot m_3},$$

де m_1 - маса висушених гумінових кислот, г;

m_2 – маса зольного залишку гумінових кислот, г;

V – загальний об'єм лужного розчину, см^3 ;

V_1 - об'єм відібраного лужного розчину см^3 ;

m_3 – маса наважки в перерахунку на беззольний стан, г, що вираховується по формулі:

$$m_3 = m_4 \cdot \frac{100-A}{100},$$

де m_4 – маса наважки, г;

A - зольність у відсотках від маси абсолютно сухого вермикомпосту, %.

Визначення гумусу методом І.В.Тюріна в модифікації В.Н.Сімакова

Визначення вмісту гумусу базується на ДСТУ Б В.2.1-16:2009. Методи лабораторного визначення вмісту органічних речовин у ґрунті. Національний стандарт України.

Органічну речовину окиснюють двохромовоокислим калієм у сильно кислому середовищі до утворення вуглекислоти, потім титруванням виділяють надлишок двохромовоокислого калію розчином солі Мора та визначають вміст органічного вуглецю в ґрунті за різницею об'ємів солі Мора, витрачених на титрування двохромовоокислого калію в досліді без ґрунту та у досліді з ґрунтом.

Невитрачений на окиснення залишок хромової суміші відтитровують сіллю Мора. По різниці між результатами холостого визначення та результатами, отриманими для наважки ґрунту, визначають кількість гумусу в ґрунті. Таким методом можна визначити вміст гумусу до 10 %. Тому для проведення досліді з компостом його розводять прокаленим піском в 4 рази.

Приготування розчинів біхромату калію, солі Мора і фенілантранілової к-ти:

Розчин $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ в розведеній сірчаній кислоті Беруть 40 г тонко подрібненого в фарфоровій ступці кристалічного $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ розчиняють приблизно в 500-600 мл дистильованої води (можна підігріти для кращого розчинення), профільтрувати. Довести об'єм дистильованою водою до 1 л .

Розчин переливають у велику термостійку колбу і туди доливають невеликими порціями (приблизно по 100 мл) 1 л H_2SO_4 , обережно перемішуючи (розчин гріється). Розчин закривають і залишають стояти добу до повного вистигання.

Сіль Мора 0,2 н розчин - 80 г солі Мора насипати в термостійку (відбувається екзотермічна реакція) колбу, об'ємом 1 л, додати 1 н розчин сірчаної кислоти на 2/3 колби, профільтрувати, після цього довести об'єм до мітки 1 л дистильованою водою і добре перемішати.

Робочий розчин **фенілантранілової кислоти** – підготувати 0,2 % розчин соди. Розчинити 0,2 г фенілантранілової кислоти в 100 мл розчину соди (спочатку до кислоти додають кілька краплин розчину соди, розтирають паличкою до кашоподібного стану і далі доливають розчин перемішуючи). Розчин фенілантранілової кислоти може зберігатися тривалий час (декілька місяців в холодильнику).

Хід визначення: підготувати ґрунт, компост – висушити до повітряно-сухого стану, видалити всі органічні включення – корінці, листки, розтерти і просіяти через сито з отворами 0,25 мм.

1. Змішати сухий компост з попередньо прокаленим за 800°C піском у співвідношенні 1:3. Взяти наважки 0,1 г повітряно-сухого компосту та 0,3 г піску. Суміш старанно перемішують

2. Взяти наважку отриманої суміші 0,05 г та кладуть у суху конічну колбу на 100 мл.

3. Приливають у колбу 10 мл 0,4н розчину $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ у сірчаній кислоті (хромово суміш).

4. Колбу закривають пробкою-холодильником та ставлять на електричну плиту. По мірі нагрівання з рідини виділяються бульбашки CO_2 , після цього розчин закипає. Кипіння повинно бути слабким та продовжуватися не більше 5 хвилин.

При кип'ятінні забарвлення розчину повинно змінюватися від жовтогарячого до бурувато-коричневого. Якщо з'являється зелене

забарвлення, це говорить про повну витрату хромової кислоти та можливу нестачу її на окислення гумусу. Дослід слід повторити, зменшивши наважку ґрунту.

5. Після кипіння колби дають охолонути. З дистильованою водою обливають пробку та горло колби, доводячи об'єм у ній до 30-40 мл. Додають 4 краплі індикатора - фенілантранілової кислоти і титрують 0,2 н розчином солі Мора до переходу червоно-бурого забарвлення через фіолетове в прозоро-зелене. Після забарвлення розчину у фіолетово-сірий колір титрування треба вести по одній краплині, ретельно розмішуючи суміш.

6. Встановлюють скільки солі Мора йде на титрування 10 мл $K_2Cr_2O_7$ - холосте визначення (роблять все у тій же послідовності, тільки без наважки ґрунту, насипаючи заміст неї добре прокалений пісок (при $800^{\circ}C$)).

Вміст органічного вуглецю обчислили за формулою:

$$C, \% = \frac{(V_1 - V_2) \cdot 0,0010362k \cdot 100}{m}, \text{де}$$

V_1 - об'єм розчину солі Мора, витрачений на титрування 10 мл хромової суміші в холостому досліді, мл; V_2 - об'єм розчину солі Мора, який пішов на титрування хромової суміші аналізованого зразку, мл; k –поправка на нормальність солі Мора; m - наважка компосту, г; 100 - множник для перерахунку на 100 г компосту.

Визначення вологості

Для визначення вологості було проведено наступні дії:

1. Зразок компосту для визначення вологості відбирали масою від 5 г, помістили у заздалегідь висушений, зважений і пронумерований бюкс, зважили.

2. Бюкс помістили у нагріту сушильну шафу і висушили до постійної маси за температури $(130 \pm 2)^{\circ}C$.

3. Після кожного висушування компост у бюксі охолоджують в ексікаторі із хлористим кальцієм до температури приміщення та зважують.

Висушування виконували до одержання різниці мас компосту зі стаканчиком при двох наступних зважуваннях не більше ніж 0,02 г.

4. Вологість компосту визначили як відношення маси води, вилученої із нього висушуванням до постійної маси, до маси висушеного компосту.

$$W = \frac{M_3 - M_1}{M_2 - M_1} \times 100\%, \text{ де}$$

M_1 – маса бюксу

M_2 - Маса бюксу з компостом

M_3 - Маса бюксу після висушування 3 годин.

Визначення зольності

Для визначення зольності було проведено наступні дії:

1. У попередньо прожарений і зважений тигель з кришкою помістили наважку вермикомпосту від 2 до 4 г. Зважування проводили на аналітичних вагах. Одночасно в сушильний бюкс взяли наважку вермикомпосту 3-5 г для визначення вологості.

2. Муфельну піч попередньо підігріти до 200° С. Помістити в неї тигель без кришки. Поступово підвищували температуру до 600 °С. Через 3 години тигель з зольним залишком виймали з печі, закривають кришкою, охолоджували протягом 5 хвилин і помістили в ексікатор на 30 хвилин до повного охолодження.

3. Охолоджений тигель зважили на аналітичних вагах, після чого повторили прожарювання протягом 40 хвилин, охолодили і знову зважили. Прожарювання повторювали до тих пір, поки зміна маси не перевищувала 0,001 мг.

Зольність у відсотках від маси абсолютно сухого вермикомпосту обчислили за формулою:

$$A = \frac{m_2 \cdot (100 - W)}{m_1}$$

де A - зольність вермикомпосту, %; m_1 - наважка повітряно-сухого (вологого) вермикомпосту, г; m_2 - маса золи, г; W - вологість вермикомпосту, %.

Визначення рН у водній витяжці компосту

Для визначення значення *pH* у водній витяжці компосту проведено наступні дії:

20 г сухого зразку вермикомпосту, розтертого і просіяного крізь сито з діаметром отворів 1 мм, зважують на технічних терезах з точністю до 0,1 г і переносять у плоскодонну колбу місткістю 100 мл. Мірною колбою приливають 50 мл 1,0 н розчину KCl (pH 5,6–6,0). Колбу закривають пробкою і періодично збовтують протягом 1 години. Після відстоювання в чистий скляний стаканчик зливають прозору частину суспензії і вимірюють pH_{KCl} потенціометричним методом. Цей метод заснований на вимірюванні електрорушуючої сили, яка виникає при занурюванні в розчин індикаторного та допоміжного електродів. Робочою частиною індикаторного (скляного) електроду є скляна мембрана. При вимірюванні рН між мембраною і розчином виникає різниця потенціалів, яка залежить від активності іонів водню. За різницею потенціалів на скляному електроді та електроді порівняння визначають рН. Використання скляного електроду дозволяє визначати рН у широкому діапазоні. Причому на результати вимірювань не впливають забарвлення розчинів.

РОЗДІЛ 3. Результати досліджень та їх обговорення

3.1 Загальні положення

Нормальними життєвими умовами для дощового черв'яка (*Eisenia fetida*) є вологість 70–80%; температурний режим 20–25°C; нейтральна кислотність середовища (pH = 7–8) [14]. Також позитивним фактором для росту вермикультури буде відсутність сонячного світла та періодична аерація вермикомпосту.

В ході проведення дослідів були використані:

- три вермикомпостери, що були попередньо спроектовані та виготовлені;
- ґрунт універсальний: зольність 25-35%, pH 5,5-7,5, вологість 55%, та вміст деяких біогенних елементів становить:

Таблиця 3.1

Вміст деяких біогенних елементів у ґрунті універсальному

Біогенні елементи	Кількість (мг)
$\text{NH}_4 + \text{NO}_3$	20-35
P_2O_5	30-65
K_2O	25-75

- вермикультура (представники *E. fetida*, у кількості 96 особини);
- подрібнене опале листя, харчові побутові відходи, відходи.

Контроль процесу вермикультивування здійснювався за допомогою ртутного термометра (3 шт.) та гігрометра.

Тривалість проведення дослідів становила 100 днів.

Хід проведення дослідів: для проведення основного процесу вермикультивування у вермикомпостері №1 рівномірно розподілили компост, що містить черв'яків, оптимальна щільність яких становила 32

особини на 1 м³. Вологість субстрату постійно підтримувалася на рівні 70–80%. Оптимальна температура субстрату в стартовому вермикомпостері становила 19–20 °С. Якщо вологість субстрату ставала нижчою 70 %, то його поливали дехлорованою (відстояною) водою. Однією з основних умов нормальної життєдіяльності черв'яків є постійна аерація субстрату, для чого його періодично, тричі на тиждень, спускали та ворушили.

На проміжній стадії вермикультивування через 50 днів у вермикомпостері внесли свіжий субстрат (рівномірний шар 5–7 см на всій поверхні). Подальше додавання поживних речовин повторювали один раз на 7 днів [14].

Для контролю за процесом вермикультивування, зростання популяції черв'яків, один раз на місяць проводиться підрахунок їх кількості й зважування з використанням облікових проб. Кожна з них має розмір 10 x 10 см і відбирається на всю глибину черв'яковмісного шару субстрату. У кожній пробі підраховується кількість статевозрілих черв'яків, визначається їх маса, а також число личинок різного віку й коконів.

3.2 Аналіз якості отриманого вермикомпосту

3.2.1 Визначення гумусу

Вміст гумусу в субстратах початковий:

$$C_1 = \frac{(20,4 - 16,5) \cdot 0,0010362 \cdot 1,58 \cdot 100}{0,05} = 12,77\%$$

$$C_2 = \frac{(20,4 - 16,9) \cdot 0,0010362 \cdot 1,58 \cdot 100}{0,05} = 11,46\%$$

$$C_3 = \frac{(20,4 - 16,7) \cdot 0,0010362 \cdot 1,58 \cdot 100}{0,05} = 12,11\%$$

Вміст гумусу в субстратах через 30 днів після запуску процесу вермикомпостування:

$$C_1 = \frac{(19,9 - 16,8) \cdot 0,0010362 \cdot 1,58 \cdot 100}{0,05} = 10,15\%$$

$$C_2 = \frac{(30,3 - 17,5) \cdot 0,0010362 \cdot 0,644 \cdot 100}{0,05} = 17,08\%$$

$$C_3 = \frac{(30,3 - 17,6) \cdot 0,0010362 \cdot 0,644 \cdot 100}{0,05} = 16,95\%$$

Вміст гумусу в субстратах через 60 днів після запуску процесу вермикомпостування:

$$C_1 = \frac{(20,6 - 17,1) \cdot 0,0010362 \cdot 1,58 \cdot 100}{0,05} = 11,46\%$$

$$C_2 = \frac{(36,4 - 20,5) \cdot 0,0010362 \cdot 0,644 \cdot 100}{0,05} = 21,22\%$$

$$C_3 = \frac{(36,4 - 19,6) \cdot 0,0010362 \cdot 0,644 \cdot 100}{0,05} = 22,42\%$$

Вміст гумусу в субстратах через 90 днів після запуску процесу вермикомпостування:

$$C_1 = \frac{(20,3 - 16,75) \cdot 0,0010362 \cdot 1,58 \cdot 100}{0,05} = 12,54\%$$

$$C_2 = \frac{(47,8 - 30,7) \cdot 0,0010362 \cdot 0,644 \cdot 100}{0,05} = 22,82\%$$

$$C_3 = \frac{(47,8 - 29,6) \cdot 0,0010362 \cdot 0,644 \cdot 100}{0,05} = 24,29\%$$

Вміст гумусу в субстратах через 100 днів після запуску процесу вермикомпостування:

$$C_1 = \frac{(20,87 - 16,9) \cdot 0,0010362 \cdot 1,58 \cdot 100}{0,05} = 11,98\%$$

$$C_2 = \frac{(49,7 - 32,5) \cdot 0,0010362 \cdot 0,644 \cdot 100}{0,05} = 22,95\%$$

$$C_3 = \frac{(48,7 - 31,9) \cdot 0,0010362 \cdot 0,644 \cdot 100}{0,05} = 24,7\%$$

Таблиця 3.2

Порівняння вмісту гумусу у зразках до і після початку вермикомпостування, станом на 30, 60, 90 та 100 день процесу

№ зразку	Вміст гумусу %				
	1 день	30 день	60 день	90 день	100 день
1	12,77	10,15	11,46	12,54	11,98
2	11,46	17,08	21,22	22,82	22,95
3	12,11	16,95	22,42	24,29	24,7

Результати визначень гумусу можна зобразити на діаграмі *Рис. 3.1* та на графіку *Рис. 3.1.1*.

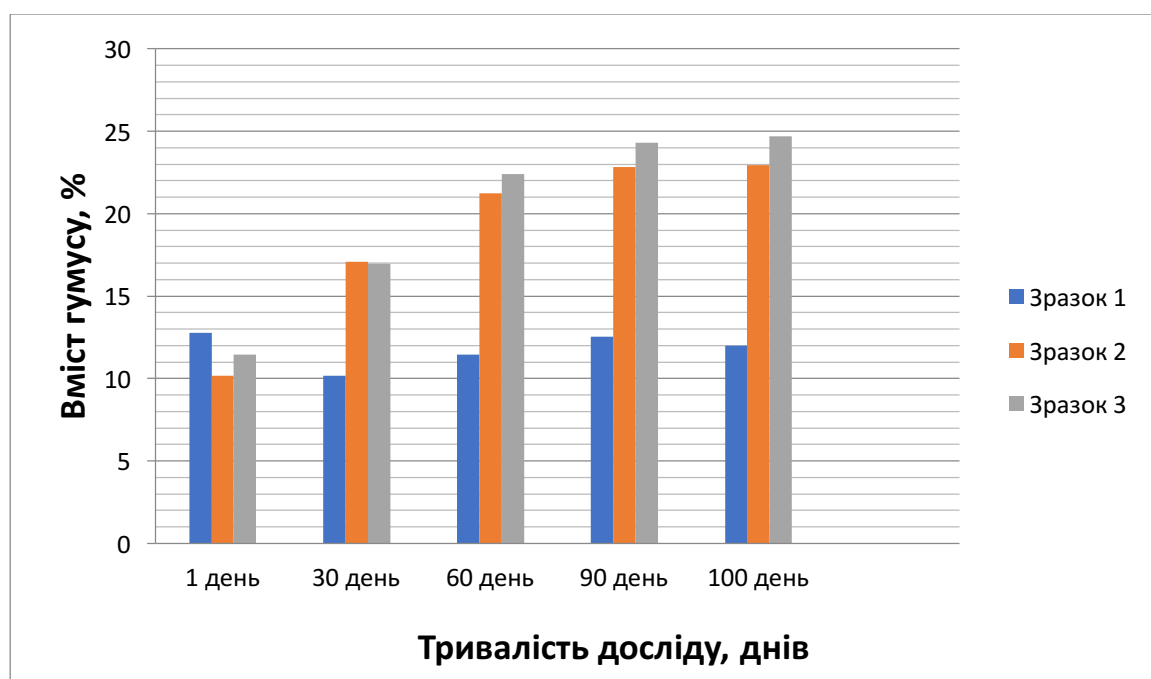


Рис. 3.1. Зміна вмісту гумусу до і після вермикомпостування

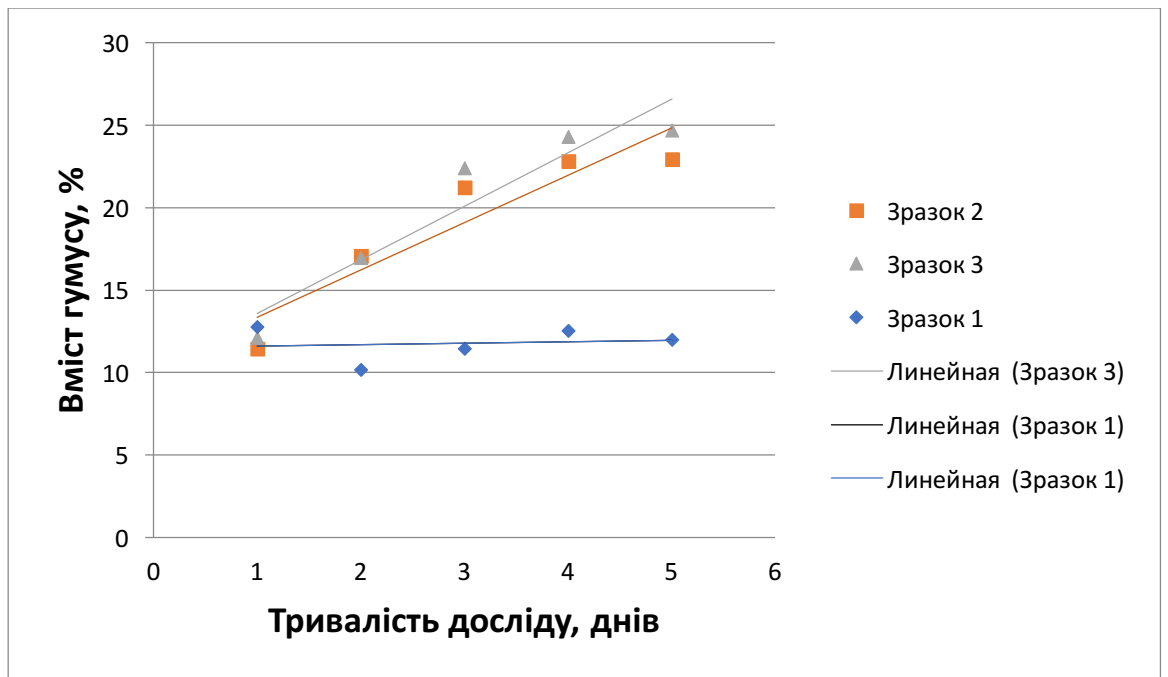


Рис. 3.1.1. Графік залежності зміни вмісту гумусу, в залежності від часу проведення вермикомпостування

3.2.2 Метод визначення гумінових кислот

До складу гумусу входять три групи органічних сполук: 1) речовини вихідних органічних залишків (білки, вуглеводи, лігнін та жири); 2) проміжні продукти їх перетворення (амінокислоти, оксикислоти, феноли, моносахариди); 3) гумусові речовини, що становлять головну та специфічну частину гумусу [15]. Гумінові кислоти — це азотовмісні високомолекулярні оксикарбонові кислоти з інтенсивним темно-бурым або червоно-бурым забарвленням. Їх екстрагують з ґрунту розчинами лугів, а потім розділяють на гумінові (ГК), фульвові (ФК) і гематомеланові кислоти (ГМК). Загальний вміст ГК обраховується за формулою:

$$\text{ГК} = \frac{(m_1 - m_2) \cdot V \cdot 100}{V_1 \cdot m_3}, \%$$

де m_1 - маса висушених гумінових кислот, г;

m_2 - маса зольного залишку гумінових кислот, г;

V - загальний об'єм лужного розчину, 50 мл;

V_1 - об'єм відібраного лужного розчину 25 мл ;

m_3 – маса наважки в перерахунку на беззольний стан, г, що вираховується по формулі:

$$m_3 = m_4 \cdot \frac{100-A}{100},$$

де m_4 – маса наважки, 0,1 г;

Таблиця 3.3

Вміст ГК початковий

№ зразку	Маса висушених ГК, г m_1	Маса зольного залишку,г ГК, m_2	m_3
1	0,521	0,074	8,44
2	0,669	0,046	9,3
3	0,589	0,066	11,75

Визначений вміст ГК в субстратах початковий:

$$ГК_1 = \frac{(0,521 - 0,074) \cdot 50 \cdot 100}{25 \cdot 8,44} = 10,59\%$$

$$ГК_2 = \frac{(0,669 - 0,046) \cdot 50 \cdot 100}{25 \cdot 9,3} = 13,3\%$$

$$ГК_3 = \frac{(0,589 - 0,066) \cdot 50 \cdot 100}{25 \cdot 8,9} = 11,75\%$$

Таблиця 3.4

Вміст ГК через 100 днів після запуску процесу вермикомпостування

№ зразку	Маса висушених ГК, г m_1	Маса зольного залишку,г ГК, m_2	m_3
1	0,559	0,040	6,79
2	0,630	0,044	7,21

3	0,641	0,026	7,15
---	-------	-------	------

Визначений вміст ГК в субстратах кінцевий:

$$ГК_1 = \frac{(0,581 - 0,064) \cdot 50 \cdot 100}{25 \cdot 8,44} = 12,25\%$$

$$ГК_2 = \frac{(0,630 - 0,044) \cdot 50 \cdot 100}{25 \cdot 7,21} = 16,25\%$$

$$ГК_3 = \frac{(0,641 - 0,026) \cdot 50 \cdot 100}{25 \cdot 7,15} = 17,2\%$$

Таблиця 3.5

Порівняння вмісту ГК у зразках до і після початку процесу
вермикомпостування

№ зразку	Вміст ГК %	
	До	Після
1	10,59	12,25
2	13,3	16,25
3	11,75	17,2

Результати визначень гумінових кислот зображені на діаграмі *Рис. 3.2*

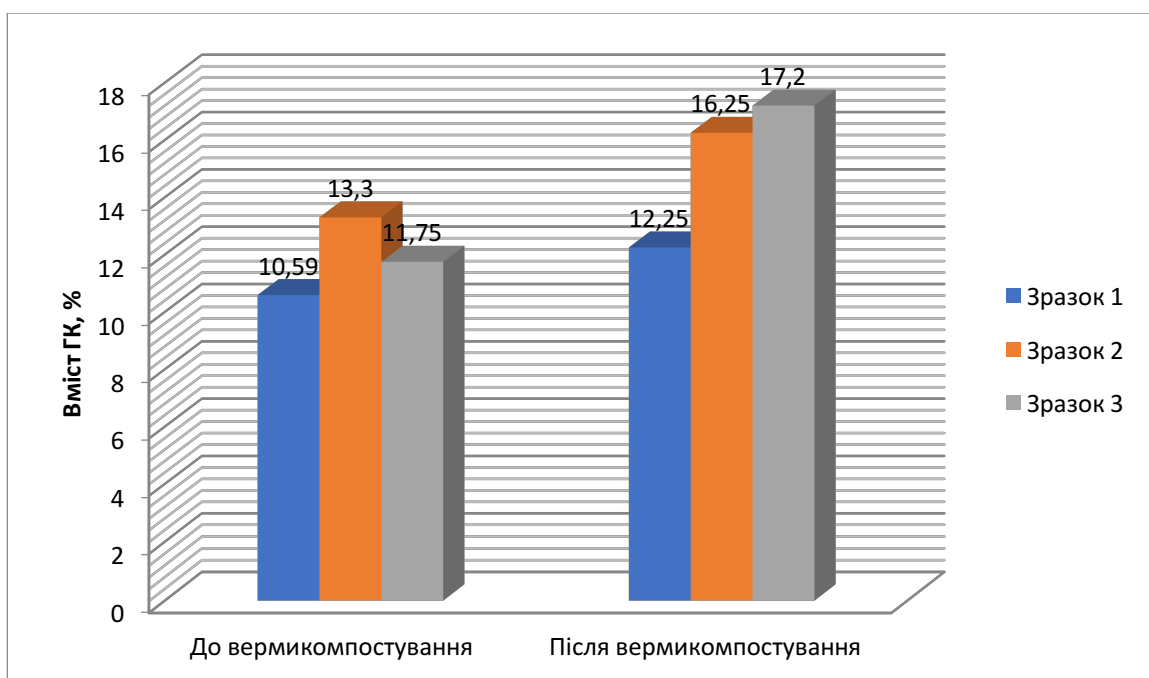


Рис. 3.2 Зміна вмісту гумінових кислот до і після вермикомпостування

Кількість фульвокислот та гематомаленових кислот визначають у відсотках за різницею між загальним вмістом вуглецю в гумусових речовинах та кількістю гумусу.

Таблиця 3.6

Порівняння вмісту ФК у зразках до і після вермикомпостування

№ зразку	Вміст ФК %	
	До	Після
1	2,38	2,12
2	0,77	1,75
3	2,68	4,06

Результати визначень фульвокислот та гематомаленових кислот зображені на діаграмі Рис. 3.3

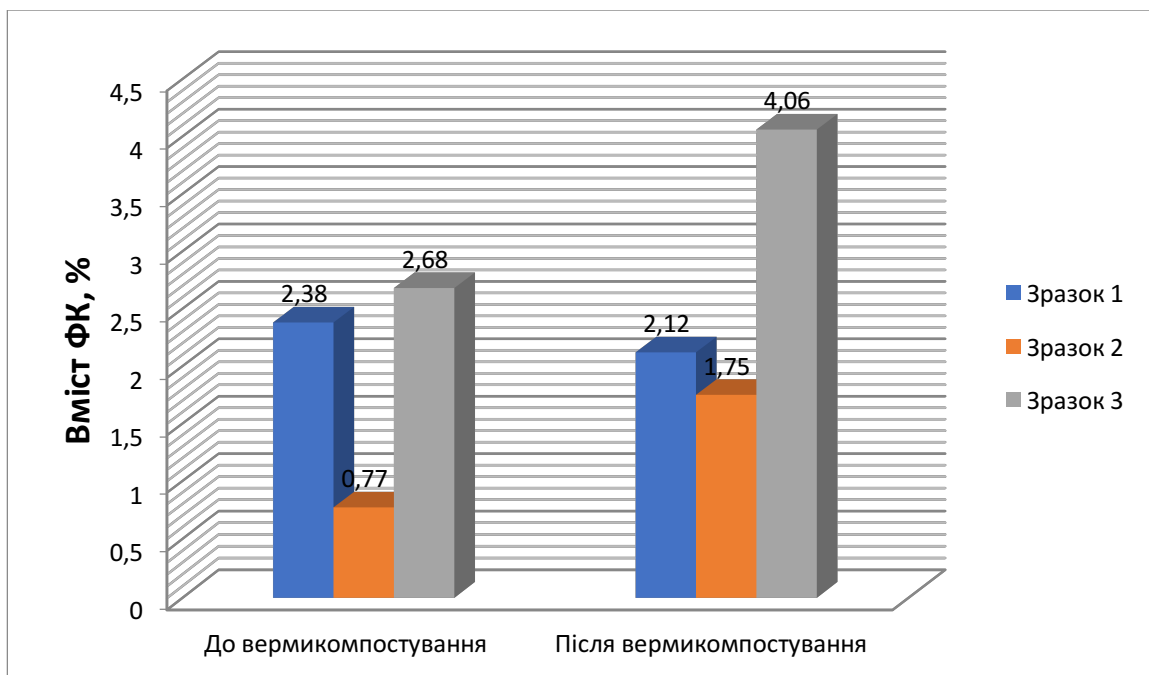


Рис. 3.3 Зміна вмісту фульвокислот та гематомаленових кислот

3.2.3 Визначення рН у водній витяжці компосту

В процесі вермикомпостування, субстрат проходячи через кишечник *Eisenia fetida*, має стабілізований рівень кислотності. При традиційному компостуванні та в природних умовах при розкладанні органічних відходів в ґрунт вивільняються органічні кислоти і рН набуває значень, що відповідають за кислі субстрати. Після переробки органічних відходів методом вермикомпостування кислотність кінцевого продукту близька до нейтрального значення, оскільки оптимізація кислотності відбувається за рахунок здатності черв'як поглинати з ґрунту кальцій [16].

Показники кислотності зразків в процесі проведення дослідів зображені в Таблиці 3.7.

Таблиця 3.7

Результати вимірювання рН

№ проби	Значення рН водної витяжки	
	Початкове (1 день)	Кінцеве (100 день)
1	7,95	7,84
2	7,67	7,29

3	7,45	7,27
---	------	------

Результати визначень значень рН зображено на діаграмі *Рис. 3.4*

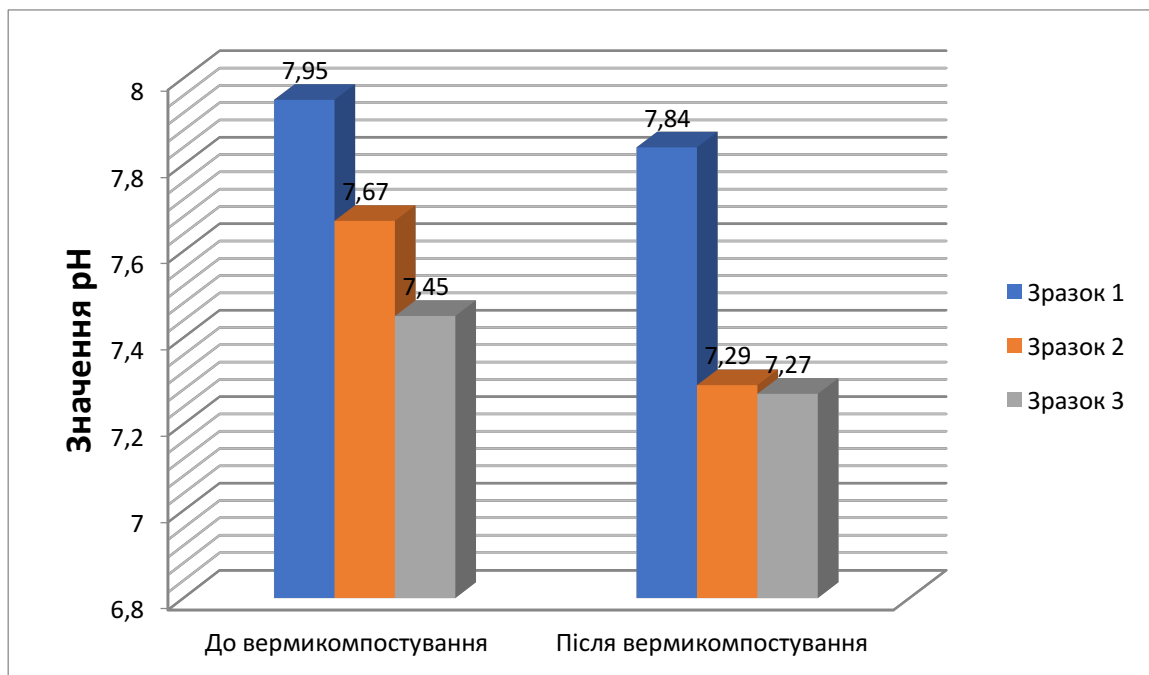


Рис. 3.4 Зміна значень рН водної витяжки до і після процесу вермикомпостування

Як видно з таблиці та з діаграми, кінцеві значення рН зразків, які піддавались вермикомпостуванню мають тенденцію до зниження значення рН, що свідчить про вивільнення органічних кислот (ГК та ФК) в процесі розкладання субстрату.

3.2.4 Зольність субстратів

Зольність – це маса неорганічного залишку (золи), що утворюється після повного згоряння зразка досліджуваної речовини в певних умовах. Виражається зазвичай у % від маси аналізованого зразка і позначається А. Зольність дозволяє якісно судити про вміст у досліджуваному зразку органічної і мінеральної речовини. Чим нижче вміст органічної речовини, тим вище зольність [17].

Визначення зольності протягом всього експерименту проводиться паралельно з визначенням вологості, для врахування кількості води, яка піде під час згоряння дослідних зразків. Початкова вологість та зольність

субстрату відповідно мала показники зафіксовані в *Таблиці 3.8* та *Таблиця 3.9*.

Таблиця 3.8

Вологість субстратів початкова

№ проби	Маса бюксу,г	Маса бюксу і субстрату,г	Маса після висушування,г
1	17,761	22,833	20,654
2	20,10	25,427	23,236
3	30,94	36,158	33,918

$$W = \frac{M_3 - M_1}{M_2 - M_1} \times 100\%,$$

де M_1 – маса бюксу, M_2 - Маса бюксу з компостом, M_3 - Маса бюксу після висушування 2,5 год.

$$W_1 = \frac{20,654 - 17,761}{22,833 - 17,761} \times 100\% = 57\%$$

$$W_2 = \frac{23,236 - 20,10}{25,427 - 20,10} \times 100\% = 58,9\%$$

$$W_3 = \frac{33,918 - 30,94}{36,158 - 30,94} \times 100\% = 57,2\%$$

Таблиця 3.9

Зольність субстратів початкова

№ проби	Маса тигля, г	Маса наважки, г	Маса тигля і субстрату після висушування, г	Маса золи, г
1	10,751	3,36	11,641	0,89
2	10,394	3,061	11,332	0,938
3	10,241	3,075	11,116	0,875

$$З = \frac{m_2 \times (100 + W)}{m_1} \times 100\%,$$

де З - зольність,%; m_1 – наважка повітряно-сухого (вологого) субстрату, г; m_2 - маса золи, г; W - вологість, %.

$$З_1 = \frac{0,89 \cdot (100 + 57,0)}{3,36} \times 100 = 41,60\%$$

$$З_2 = \frac{0,938 \cdot (100 + 58,9)}{3,061} \times 100 = 48,68\%$$

$$З_3 = \frac{0,875 \cdot (100 + 57,1)}{3,075} \times 100 = 44,7\%$$

Кінцева вологість та зольність субстрату відповідно мала показники зафіксовані в *Таблиці 3.4* та *Таблиця 3.5*

Таблиця 3.10

Вологість субстратів кінцева

№ проби	Маса бюксу, г	Маса бюксу і субстрату, г	Маса після висушування, г
1	17,738	19,564	18,732
2	15,964	18,572	17,592
3	18,25	21,812	20,416

$$W_1 = \frac{18,732 - 17,738}{19,564 - 17,738} \times 100\% = 54,4\%$$

$$W_2 = \frac{17,592 - 15,964}{18,572 - 15,964} \times 100\% = 62,42\%$$

$$W_3 = \frac{20,416 - 18,25}{21,812 - 18,25} \times 100\% = 60,81\%$$

Таблиця 3.11

Зольність субстратів кінцева

№ проби	Маса тигля, г	Маса наважки, г	Маса тигля і субстрату після золи, г	Маса золи, г
---------	---------------	-----------------	--------------------------------------	--------------

			висушування, г	
1	20,223	4,939	19,829	1,626
2	18,361	6,371	21,053	2,692
3	18,659	5,021	20,78	2,010

$$z_1 = \frac{1,626 \cdot (100 + 54,44)}{4,939} \times 100 = 50,84\%$$

$$z_2 = \frac{2,692 \cdot (100 + 62,42)}{6,371} \times 100 = 68,63\%$$

$$z_3 = \frac{2,010 \cdot (100 + 60,81)}{5,872} \times 100 = 55,04\%$$

Таблиця 3.12

Порівняння зольності до і після вермикомпостування

№ зразку	Зольність %		Δ
	До вермикомпостування	Після вермикопостування	
1	41,6	50,84	9,14
2	48,68	68,63	19,95
3	44,70	55,04	10,34

Результати визначень зольності зображено на діаграмі *Рис. 3.5*

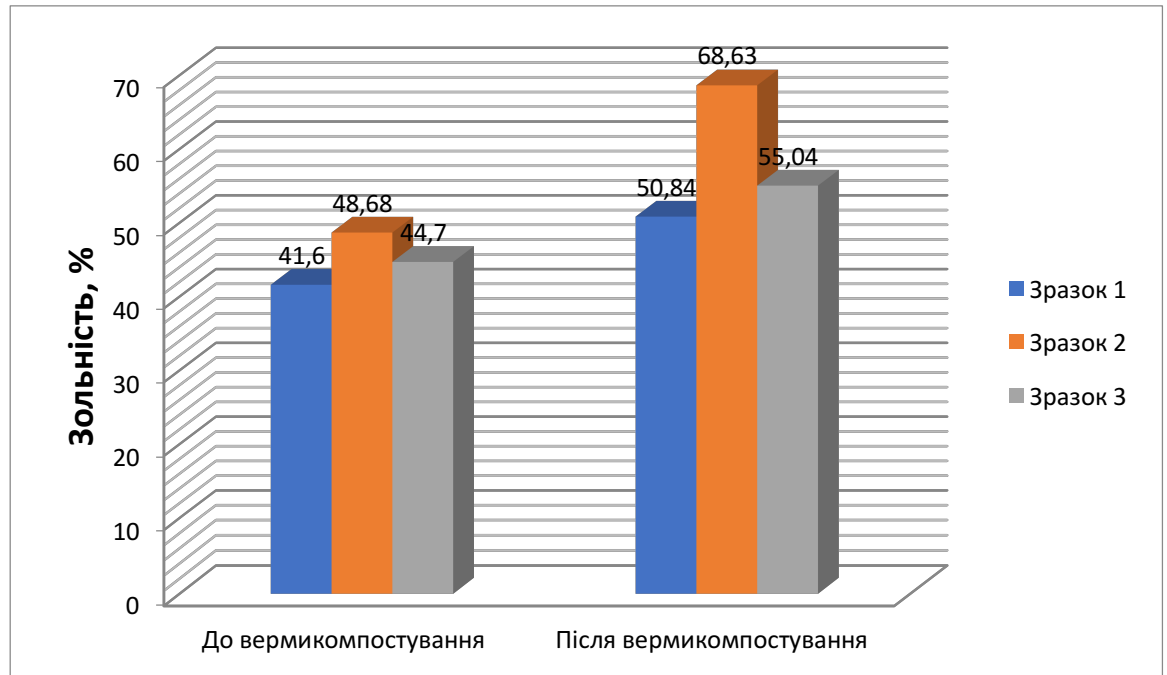


Рис. 3.5. Зміна зольності субстратів до і після процесу
вермикомпостування

За отриманими результатами, як видно з діаграми відсоток зольності після проведення вермикомпостування зростає, що свідчить про зниження вмісту органічної речовини за рахунок харчової активності вермикультури. Зольність субстратів в дослідних зразках №1-3 значно збільшується протягом процесу, що свідчить про мінералізацію органічних решток, протягом 100 днів процесу вермикомпостування [18].

РОЗДІЛ 4. Охорона праці

Експериментальна частина дипломної роботи виконана з урахуванням вимог охорони праці, пожежної та екологічної безпеки.

Виходячи з методики виконання експериментальної частини науково дослідної дипломної роботи, в експерименті використовуються електрична, теплова та механічна енергія. На основі виявленого аналізу роботою передбачено заходи і засоби щодо забезпечення здорових безпечних умов праці та пожежної безпеки [19].

4.1. Виявлення та аналіз небезпечних і шкідливих факторів виробництва в мікробіологічній лабораторії. Заходи з охорони праці

4.1.1. Повітря робочої зони

Відповідно до класифікації робіт за енерговитратами та важкістю (ГОСТ 12.1.005 – 88), роботи, що виконуються у хімічній та біотехнологічній лабораторії належать до категорії робіт – середньої важкості II а [20]. Оптимальні та допустимі параметри мікроклімату в робочій зоні у хімічній лабораторії наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Оптимальний мікроклімат в приміщеннях хімічних лабораторій

Період року	Категорія робіт	Температура, °С								Відносна вологість, %			Швидкість руху, м/с									
		Оптимальна								Допустима			Верхня границя			Нижня границя						
		На робочих місцях								оптимальна			фактична			допустима, не більше						
		Оптимальна																	фактична			допустима, не більше
допустіи								оптимальна			фактична			допустима, не більше								
фактична																	допустима, не більше					
непостійних																				допустима, не більше		
фактична																						
допустіи								оптимальна			фактична			допустима, не більше								
фактична																	допустима, не більше					
непостійна																				допустима, не більше		
фактична																						

Холодний	Па	18..20	23	22	24	22	17	19	15	19	40 60	60	75	0, 2	0, 3	0, 2
Теплий	Па	21...23	27	25	29	25	18	20	17	20	40 60	60	65	0, 3	0, 2	0, 2

Допустима температура зовнішніх поверхонь обладнання становить:

$$t_n = t_0 + 2, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.1)$$

де t_0 – оптимальна температура повітря робочої зони в теплий період року, $t_0 = 27 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Тоді

$$t_n = 23 + 2 = 25 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Лабораторія обладнана боксом біологічної безпеки.

Умови мікроклімату в мікробіологічній лабораторії відповідають вимогам ДСН 3.3.6042-99.

Під час виконання окремих експериментів НДР у повітря робочої зони можуть виділятися небезпечні, горючі хімічні речовини. Дані про шкідливі речовини, що присутні на виробництві, їх ГДК та засоби захисту від дії цих речовин наводяться в таблиці 4.2. [21].

Таблиця 4.2.

Коротка санітарна характеристика мікробіологічної лабораторії

Назва лабораторної установи	Шкідливі речовини, причини їх виділення	Група шкідливих речовин	ГДК шкідливих речовин в повітрі робочої зони, мг/м ³	Клас безпеки шкідливих речовин	Засоби індивідуального захисту, тип, марка	Засоби першої допомоги	Метод. контролю вмісту шкідливих речовин в повітрі робочої зони	Клас підрозділу згідно СН245-71	Санітарна група виробничого процесу згідно СніП 2.09.04-87
-----------------------------	---	-------------------------	---	--------------------------------	--	------------------------	---	---------------------------------	--

Хімічні	Спирт етиловий 70%	Загальнотоксичні, ураження ЦНС	1000	4	Респіратор фільтруючий протигазовий РПГ-67	Промити під проточною водою	Санітарно-хімічні	III	16
	Сульфатна кислота	Подразнюючі, ураження слизових оболонок та опіки	5	3	Респіратор фільтруючий протигазовий РПГ-67	Промити під проточною водою			
	Ацетон	подразнюючі, враження ЦНС	200	4	Респіратор фільтруючий протигазовий РПГ-67	Промити під проточною водою			
	Соляна кислота	подразнююч, враження слизових оболонок	2	3	Респіратор фільтруючий протигазовий РПГ-67	Промити під проточною водою			

4.1.2. Виробниче освітлення

Роботи у мікробіологічній лабораторії відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 по зоровим умовам відносяться до III (високої точності) та IVa (середньої точності) розрядів. Норми освітлення згідно з ДБН 2.5-28-2006 наведені в таблиці 4.3.

У лабораторії застосовується природне рівномірне штучне освітлення [22].

Таблиця 4.3

Характер зорової роботи	Розряд роботи	Штучне освітлення, лк				Суміщене, КПО, %			
		Комбіноване	Факт	Загальне	Факт	Природне		Комбіноване	
						Бічне	Факт	Бічне	Факт
Середньої точності	IV	750	735	300	300	1,5	1,3	0,9	0,8
Високої	III	1500-2000	1800	400-500	470	-	-	3,0	2,6

точності									
----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Розрахунок штучного освітлення

Дозволяє визначити світловий потік, створений лампами, розрахувати освітленість в робочому приміщенні або за даним рівнем освітленості – потрібну кількість світильників.

Основне рівняння:

$$F = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{\eta \cdot n} \quad (4.2)$$

де F — світловий потік однієї лампи, лм.

Обираємо лампу ЛД – 40 з потужністю 40 Вт та світловим потоком 1960 лм;

E — мінімальна нормована освітленість, лк (становить 150 лк);

S — площа приміщення, м² (становить 36 м²);

k — коефіцієнт запасу, який враховує старіння ламп, запиленість та забруднення світильників (становить 1,3);

z — поправочний коефіцієнт, що характеризує нерівномірність освітлення (приймаємо 1,1);

n — кількість ламп;

η — коефіцієнт використання світлового потоку освітлюваної установки у частках, для його знаходження знайдемо індекс приміщення:

$$i = \frac{a \cdot b}{H_p \cdot (a + b)}, \quad (4.3)$$

де a , b — відповідно ширина та довжина приміщення, м (що становить 6 та 6 м відповідно);

H_p — висота підвішування світильників над робочою поверхнею, м (становить 2 м).

Розрахунок:

$$i = \frac{6 \cdot 6}{2 \cdot (6 + 6)} = 1,5$$

Коефіцієнти відбиття $r_{\text{стін}}$ та $r_{\text{стелі}}$ становлять відповідно 70 % і 50 %.

За довідниковими таблицями знаходимо коефіцієнт використання світлового потоку, що становить 56 %.

За формулою (5.3) знаходимо кількість ламп, що потрібні для забезпечення нормальної мінімальної потужності:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{\eta \cdot F} \quad (4.4)$$

$$n = \frac{150 \cdot 36 \cdot 1,5 \cdot 1,2}{0,56 \cdot 1960} = 8,86 \approx 9$$

Знайдемо необхідну кількість світильників N:

$$N = \frac{n}{n_c}, \quad (4.5)$$

де n_c - кількість ламп у світильнику (становить 2)

$$N = \frac{9}{2} = 4,5 \approx 5$$

Отже, для нормальної роботи працівників в лабораторії площею 36 м² при штучному освітленні потрібно 9 ламп марки ЛД – 40 потужністю 40 Вт та світловим потоком 1960 лм, які розташовані у 5 світильниках по 2 штуки.

4.1.3. Захист від виробничого шуму та вібрації

Допустимий рівень шуму на робочих місцях регламентується за ГОСТ 12.1.003 – 83 ССБТ “Шум. Общие требования безопасности” та ДСН 3.3.6.037 – 99 “Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку”.

Таблиця 4.4.

Допустимі рівні шуму на робочих місцях

Робочі місця	Рівні звукового тиску, дБ, в октипних смугах, з середньгеометричними частотами в Гц								Рівні звуку та еквівалентні рівні звуку, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Приміщення лабораторій для проведення експериментальних робіт.	94	87	82	78	75	73	71	70	80

Джерелами шуму у лабораторії є витяжна шафа та холодильник.

Інтегральний рівень шуму у лабораторії не перевищує граничного рівня, що становить 80 дБА .Рівень звуку в мікробіологічній лабораторії складає 70 дБА (за даними атестації робочого місця), що задовольняє вимогам нормативів.

4.1.4. Пожежна безпека

Можливими причинами пожежі можуть бути механічні та хімічні пошкодження обладнання та ізоляції, коротке замикання в електрообладнанні, займання легкоокисних органічних речовин при контакті з окисниками.

Лабораторія забезпечена первинними засобами пожежогасіння.

Для забезпечення пожежної безпеки передбачено виготовити вибухобезпечними згідно з ГОСТ 12.1.030, ГОСТ 12.1.018 та НПАОП 40.1-1.32 штучне освітлення, електрокомунікації, електричне обладнання та електричне устаткування. Для пожежогасіння передбачено застосовувати розпилену воду, піну, вогнегасні порошки класів В та АВС; під час об'ємного

гасіння – вуглекислий газ, вогнегасні порошки класів В та ABC, а також аерозольні вогнегасні речовини.

Споруди і будівлі, що віднесені за СН 305-77 до II категорії по влаштуванню блискавкозахисту, проектом передбачено захистити від блискавки шляхом встановлення подвійного стрижневого громовідводу висотою 138 м. [23]

4.1.5. Вимоги безпеки під час роботи з надзвичайно - і високонебезпечними речовинами

Роботи з надзвичайно - і високонебезпечними речовинами слід проводити в спеціально обладнаних шафах, які мають отвори для рук з вмонтованими гумовими рукавичками та місцевий відсмоктувач. Рідкі реагенти необхідно заливати в посудину сифоном або спеціальними піпетками з гумовою грушею.

Подрібнювати тверді речовини слід в закритих ступках і зважувати під тягою з застосуванням засобів індивідуального захисту. Пролиті надзвичайно- і високонебезпечні рідини слід негайно знешкодити і змити водою. Просипані речовини слід зібрати, а ділянку, на яку вони попали, знешкодити і ретельно промити водою. Знешкоджувати шкідливі речовини слід згідно з вимогами відповідних інструкцій.

Нагрівати речовини слід в круглодонних колбах на водяних, масляних або піщаних банях. Не дозволяється застосування відкритого полум'я. Використані фільтри і папір повинні бути дегазовані у відповідному розчині і знищені. Залишки розчинів надзвичайно небезпечних речовин, які необхідні для поточної роботи, необхідно щодня після закінчення робочого дня здавати відповідальній особі. Переливати кислоти, луги і інші їдкі рідини слід за допомогою скляних сифонів з грушею. Розливати концентровані кислоти (азотну, сірчану, соляну) необхідно при включеній вентиляції у витяжній шафі. Не дозволяється зберігати розчини лугів і концентрованих кислот в

тонкостінному скляному посуді. Склянки з кислотами, лугами і іншими їдкими речовинами слід переносити в спеціальних ящиках (дерев'яних або металевих) викладених азбестом. Набирати кислоти і луги в піпетки слід з застосуванням гумової груші. Під час приготування розчинів сірчаної, азотної і інших кислот їх необхідно приливати у воду тонкою цівкою при безперервному помішуванні, не допустимо приливати воду в кислоту [24].

ВИСНОВКИ

1. Було проведено аналіз літератури, що стосується біотехнології переробки відходів, вермикультивування, вермикомпостування, переробки листового опаду та харчових побутових відходів та встановлено, що на сьогоднішній день дослідження в області вермикомпостування проводять з використанням відходів різного походження. Це сприяє більш ефективному протіканню процесу та пришвидшує його. Для проведення досліджень було обрано опале листя дерев, оскільки екологічно безпечна утилізація даного типу відходів є найменш вивчена, але актуальною враховуючи те, що зелені насадження здатні акумулювати значну кількість поллютантів, їхня утилізація шляхом спалювання наносить значну шкоду, а однозначного методу. До опалого листя додавалися харчові побутові відходи. Для проведення дослідів було обрано вид *Eisenia fetida*.

2. Відсотковий вміст гумусу після проведення вермикомпостування зростає, що свідчить про ефективність гуміфікації органічних решток.

Ефективність процесів полімеризації продуктів розпаду органічних речовин можна спостерігати за формуванням молекул гумінових кислот, які утворюють комплексні сполуки з мінеральними компонентами, що довго зберігаються у вигляді стійких сполук а також від співвідношення вмісту вуглецю гумінових кислот і фульвокислот в ґрунтах залежить загальна активність гумусових кислот по відношенню до мінеральної частини ґрунту.

За отриманими результатами, в ході проведених досліджень можна спостерігати, що відсоток зольності зростає, що свідчить про зниження вмісту органічної речовини за рахунок харчової активності вермикультури і мікроорганізмів.

3. Для найбільш ефективного протікання процесу вермикомпостування з отриманням якісного біодобрива, рекомендується приймати співвідношення ґрунту до харчових відходів та опалого листя, як 10:4:1 (2186 г ґрунту, 800 г харчових відходів, 200 г опалого листя). Вологість субстрату 70–80 %,

оптимальна температура субстрату в вермикомпостерах повинна підтримуватися на рівні 19–20 °С. Співвідношення C:N данного субстрату 17:1.

Вермикомпостування має переваги перед традиційними системами утилізації відходів: компостування, спалювання, анаеробне зброджування, зневоднення осадів, аеробна стабілізація, оскільки технологія вермикомпостування супроводжується простотою обслуговування, низькою енерговитратністю, відсутністю застосування хімічних препаратів. Внаслідок процесу вермикомпостування утворюються: високогумусні органічні добрива (вермикомпости) та біомаса компостних черв'яків [25].

Проведені дослідження процесу вермикомпостування свідчать про те, що цей метод може бути альтернативним способом утилізації опалого листя та твердих побутових відходів, з отриманням біодобрив.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Скіп О.С., Буцяк В.І., Печар Н.П* Технологічні властивості та хімічний склад опалого листя як субстрату для вермикультивування // О.С Скіп, В.І Буцяк, Н.П Печар // Л.: Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Ґжицького. Частина 1. – 2011. Том 13 № 2(48) Частина 1. – С.466-470.
2. *Жариков Г.А.* Проблема оценки риска при вермикомпостировании органических отходов / Г. А. Жариков, А. В. Шаланда // Агро XXI, 2008. Т. 1-3. – С.33-35.
3. *Шарга Б.М., Ніколайчук В.І., Мага І.М.,* Вермикюльтура / Метод. Рекомендації, 2006.- 101с.
4. *Буцяк В.В.* Використання біогумусу для підвищення родючості ґрунту і одержання екологічнобезпечної продукції / В.В. Буцяк // Науковий вісник ЛНУВМБТ ім. Ґжицького :зб. наук. праць. – Львів :Вид-во ЛНУВМБТ ім. Ґжицького. – 2012. – Т. 14, № 2 (52). – Ч. 3. – С. 33-36.
5. *Канн В.М, Титов И.Т., Шаланда В.А* Вермикомпостирование и вермикюльтивирование как основа экологического земледелия в XXI веке: достижения, проблемы, перспективы»: сб. научн. Тр. / ред. Кол.: С.Л. Максимова [и др.]. – Минск, 2013. - 250 с.
6. *Сендецький В. М.* Переробка органічних відходів у біогумус методом вермикюльтивування / В. М. Сендецький. // Збірник наукових праць ННЦ “Інститут землеробства УААН”. – 2009. – №1. – С. 50–55.
7. *Сонько С. П., Пушкарева-Бездиль Т. М., Суханова И. П., Василенко О. В.,* Проблема утилізації опавшого листя в містах і відходів тваринницьких ферм і шляхи його рішення / С.П Сонько, Т.М Пушкарева-Бездиль, И.П Суханова, О.В Василенко // У.: Людина та довкілля. Проблеми неоекології. – 2017. - № 1-2 (27). – С 143-154.
8. *Битюцкий Н.П., Лукина Е.И., Пацевич В.Г. и др.* Влияние червей на трансформацию органических субстратов и почвенное питание растений // Почвоведение.-1998.-N 3.-С.309-315.

9. *Убугунова В.И., Меркушева М.Г., Батудаев А.П. и др.* Гумусное состояние почв и органическое земледелие :Монография.— Улан-Удэ: Изд-во ФГОУ ВПО «Бурятская государственная сельскохозяйственная академия», 2006. – 243с.
10. *Бездиль Р.В.* Влияние состава субстрата на выход вермикомпоста и биомассы искусственной популяции *Eisenia foetida*/ Науковий вісник НЛТУ України. – 2015. – Вип.25.10. – 156-161с.
11. *Корсунова Т.М* Биотехнология конверсии органических отходов вермикulturой и применение биогумуса/ Т.М Корсунова // Вестник КрасГАУ. 2014. – Вип. №5 – 55-60с.
12. *Сергієнко В.М* Рістрегулюючий та захисний ефект гумінових речовин / В. Сергієнко // Агробізнес сьогодні. – 2001. -№7. – С.26-29.
13. *Чачина С. Б.* Использование дождевых червей: навозный червь (*E. Fetida*) для разложения промышленных отходов / С. Б. Чачина. // Омский научный вестник. – 2014. – №2. – С. 217–223.
14. *Єлізаров О. І., Лисенко О. І.,* Отримання біогазу з опалого листя// Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського.- 2013.- №4/(81).- с. 166-169.
15. *Горова А.І., Лисицька С.М., Павличенко А.В., Скворцова Т.В.,* Біотехнології в екології: *навч. посібник / А.І. Горова, С.М. Лисицька, А.В. Павличенко, Т.В. Скворцова. — Д. : Національний гірничий університет, 2012*
16. *Жигжитова И. А.* Методические рекомендации по получению и применению вермикомпостов (биогумуса) для повышения урожая и качества сельскохозяйственных культур / И. А. Жигжитова, Т. М. Корсунова. – Улан-Удэ, 1999. – 18 с.
17. *Торгоня В.С.* Дослідження й обґрунтування прийнятих параметрів біотехнологічного процесу вермикультивування та обладнання для його реалізації / В.С. Торгоня // Науковий вісник НУБіП України :зб. наук. праць. – К. :Вид-во НУБіП України. – 2009. – Вип. 134, ч. 1. – С. 145-152.

18. *Мамонтов В. Г.* Практическое руководство по химии почв: Учебное пособие / В. Г. Мамонтов, А. А. Гладков, М. М. Кузелев. – Москва: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2012. – 222 с.
19. *Морозенко В. Г.* Примірна інструкція з охорони праці для лаборанта хімічного аналізу / В. Г. Морозенко, О. О. Орехов. – Київ: Національний науково-дослідний Інститут охорони праці, 2006. – 24 с.
20. ГОСТ 12.1.005 – 88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [Введен с 01.01.89]. - М.: Госстандарт, 1989. - 30 с.
21. *Муравьева С. И.* Справочник по контролю вредных веществ в воздухе / С. И. Муравьева. – Москва: М.: Химия, 1988. – 320 с.
22. ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення - [Чинний від 15.05.2006]. - Мінбуд України, 2006. – 96 с.
23. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы - [Чинний від 02.04.85]. – М.: Стройиздат, 1985. – 74 с.
24. ПІ 1.4.32-186-2001. Примірна інструкція з охорони праці при роботах з кислотами . Державний комітет промислової політики України Наказ № 255 чинний від 26. 06 2001. – 12 с.
25. *Ладановська Д.О., Жукова В.С.* «Ефективність вермикомпостування осадів шкіряного виробництва» / Д.О. Ладановська, В.С. Жукова // Тези XVIII Всеукр. наук. конф. молодих вчених та студентів [«Наукові розробки молоді на сучасному етапі»], (Київ, 18-19 квітня 2019 р.) / М-во освіти і науки України, КНУТД. – К. : КНУТД, 2019.